

基于 H. 248 协议的视频通信带宽分配策略

宋 彬, 郭春芳, 秦 浩

(西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室, 陕西西安 710071)

摘 要: 本文基于 H. 248 协议和视频主观质量的评估模型, 给出媒体网关控制器重新分配带宽的算法, 并针对网络状况的变化, 提出保证不同等级终端服务质量的带宽调整算法和保证整体视频主观质量最大化的带宽分配算法. 由实验结果可知, 网络带宽急剧下降而导致视频质量恶化时, 使用本文提出的算法进行多次调整后, 用户终端恢复图像的平均 PSNR(峰值信噪比)可以提高 15dB 以上, 有效保证恢复视频的主客观质量. 另外, 当网络带宽下降到无法满足多个终端所需的视频服务质量时, 该策略会尽可能保证整体视频主观质量最大化.

关键词: 下一代网络; 视频通信; H. 248 协议; 服务质量

中图分类号: TN919. 8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2009) 02-0393-05

A Bandwidth Allocation Strategy for Video Communications Based on H. 248 Protocol

SONG Bin, GUO Chunfang, QIN Hao

(National Key Laboratory on Integrate Services Network, Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710071, China)

Abstract: Based on H. 248 protocol and the estimation model of video subjective quality, a bandwidth allocation strategy for video communications in next generation network is presented. Then, aiming at the different change of network status, two algorithms of the bandwidth allocation are proposed, one of which is used to guarantee the QoS (quality of service) of the different classes of terminals, and the other of which is used to maximize the total video subjective quality of all the terminals. When the network status has changed worse, experimental results show that the average PSNR (peak signal to noise ratio) of recovery video quality can be increased by more than 15dB using the proposed algorithm. In addition, when the network status has degraded too much to guarantee the QoS of all the active terminals, the proposed bandwidth allocation algorithm can also guarantee the total video subjective quality of all the terminals as maximal as possible.

Key words: next generation network; video communications; H. 248 protocol; quality of service

1 引言

随着下一代网络(NGN)^[1,2]的迅速发展, 视频通信将成为 NGN 上的主要承载业务之一. 在 NGN 中, 网络电视(IPTV)等业务的大规模商用将对媒体网关的数量和功能提出更高的要求, 因此媒体网关功能开始细化和分离. H. 248^[3]协议是网关分离的产物, 它是软交换设备和媒体网关之间的一种接口协议, 用于软交换设备控制媒体网关.

然而在 NGN 中, 异构网络的传输性能各不相同, 要保证端到端的视频通信服务质量(QoS)是非常困难的. 视频 QoS 问题与带宽管理机制之间有着密切联系, 好的带宽调整策略是解决 NGN 中视频通信 QoS 问题的基石^[4]. 文献[5]给出了按照价格策略分配带宽的方案来管理带宽, 但是该方法使用时延作为衡量终端 QoS 的唯一标准, 这显然不能适用于实时视频通信. 在实时视频

通信中, 除时延外, 时延抖动、丢包率以及恢复图像的主观质量等都是衡量视频通信 QoS 的重要参数.

带宽资源调整的目的在于有限带宽资源条件下, 灵活分配和动态调整系统的可用带宽资源, 最大限度地提高系统的带宽资源利用率, 防止网络拥塞, 同时又为终端提供视频 QoS 保证. 本文基于 H. 248 协议和视频主观质量的评估模型, 提出在 NGN 上实现实时视频通信时, 媒体网关控制器(MGC)对媒体网关(MG)使用的带宽资源管理策略, 从而保证 MG 之间的带宽资源得到整体最优分配.

2 基于 H. 248 协议的带宽资源管理

2.1 媒体网关(MG)/媒体网关控制(MGC)

软交换是 NGN 的控制功能实体, 是完成网络呼叫与控制的核心, 基于软交换的网络系统由上至下可分为

业务/应用层、控制层、传输层和媒体/接入层,这种分层结构使得业务与呼叫控制分离,呼叫与承载分离,各实体之间通过标准协议进行连接和通信^[1,2].

传统的媒体网关既要支持媒体转换又要支持媒体控制,功能过于复杂,对于 IPTV 等视频通信系统有很大的制约.因此在 NGN 网络构架中提出了网关分离,即把原来的网关分离为 MG 和 MGC^[3]:MG 负责媒体格式的转换及异构网络两侧通路的连接;MGC 负责控制 MG 的连接建立和释放,并对收到的消息进行分析和处理,以及进行应用层的互通控制,是实现软交换的核心部件.网关分离后,MG 只承担简单的媒体转换功能,复杂的网关控制由 MGC 来完成,H.248 协议是两者之间的接口协议.

2.2 MGC 进行带宽资源管理的必要性

为了保证终端的服务质量以及网络资源的有效利用,在终端接入以后 MGC 还要对通信质量进行监测^[6,7],当由于 MG 之间的可用带宽资源骤减或者带宽资源分配不合理,而导致终端的通信质量出现恶化时,系统根据终端的 QoS 要求,重新给各个终端分配带宽资源.由于 MG 在 NGN 中位于接入层,它只能检测网络的局部状况,而不能感知整个网络状况的变化,也就不能对网络带宽的分配做到整体最优,因此 MG 不适合承担对网络带宽资源进行调整.

在基于 H.248 的下一代网络中,MGC 可以实现对网络带宽资源的有效管理.MGC 在 NGN 中处于控制层,它可以监测到整个接入层的网络状况变化.当 MGC 监测到 MG 之间的网络通信质量恶化时,为了保证网络带宽分配整体最优,MGC 必须按照一定的策略执行带宽调整.

3 视频主观质量的评估模型

在视频通信中,解码恢复的视频质量可以用主观质量来描述,文献[8]中将视频主观质量划分为5个标准(1—坏,2—差,3—还可以,4—良好,5—优).然而通过文献[8]实验的方法得出视频主观质量是非常耗时且不实际的,为了解决这一问题,文献[9]提出了视频主观质量客观化的模型,该模型利用网络质量统计参数和编码参数,如丢包率、帧率和比特率等,计算得到视频质量的主观值.下面给出视频主观质量的客观化模型:

$$V_q = 1 + I_{coding} \times \exp\left[-\frac{P_{pb}}{D_p}\right] \quad (1)$$

式中 V_q 是视频主观质量, $1 \leq V_q \leq 5$, I_{coding} 表示在给定视频编码比特率 (Br_V) 和视频帧率 (Fr_V) 的条件下,编码后的视频质量; P_{pb} 表示丢包率, D_p 描述了丢包对解码恢

复视频质量的影响程度,该值越大,说明丢包对图像质量的影响越小.通过对式(1)进一步计算,视频主观质量评估模型如下^[9]:

$$V_q = 1 + \left\{ v_3 - \frac{v_3}{1 + (Br_V/v_4)^{v_3}} \right\} \times \exp\left[-\frac{(\ln(Fr_V) - \ln(v_1 + v_2 Br_V))^2}{2(v_6 + v_7 Br_V)^2}\right] \times \exp\left[-\frac{P_{pb}}{v_{10} + v_{11} \cdot \exp(-(v_1 + v_2 Br_V)/v_8) + v_{12} \cdot \exp(-Br_V/v_9)}\right] \quad (2)$$

式中参数 $v_1, v_2, \dots, v_{11}, v_{12}$ 的选取与视频编码标准、视频格式、帧内刷新间隔以及视频显示尺寸等因素相关.文献[9]中实验结果表明,通过式(2)得到的视频主观质量值和文献[8]中得到的视频主观质量值之间的相似度大于 0.95.

由式(2)可以看出视频编码比特率 Br_V 值越大,视频主观质量 V_q 越好,因此对带宽资源的合理分配和使用,能够有效提高恢复视频质量.基于第2节中 MGC 进行带宽资源管理的基本思想,本文利用式(2)给出的主观质量评估模型,在下面提出带宽分配整体最优的调整策略来保证视频通信 QoS

4 保证带宽分配整体最优的调整策略

4.1 带宽调整的网络模型

在图1中给出带宽调整的网络模型,其中 MGC 是控制层的功能实体,MG1 和 MG2 是接入层的功能实体,并由同一个 MGC 控制.MG1 是发送端的媒体网关,它与流媒体服务器等连接,负责媒体格式转换、带宽资源管理等;MG2 是接收端的媒体网关,通过接入网与用户终端连接,负责给 MGC 上报终端的接收质量,将媒体数据下载至终端,同时也可以执行媒体格式转换的功能.

图1中,当通过接入网与 MG2 相连的某个终端希望与某个流媒体服务器建立视频通信时,终端首先向 MG2 发起请求,MG2 根据终端的 QoS 参数向 MGC 发起视频通信请求(QoS 参数可以预先以静态配置的形式保存在 MG2 上),MGC 则根据这些 QoS 参数通过一系列的

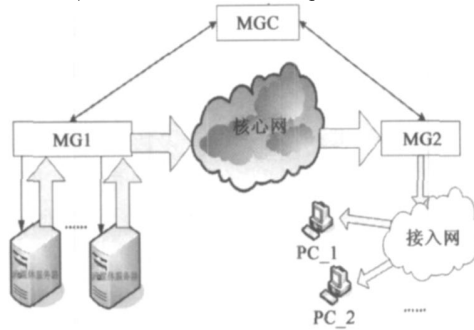


图1 带宽调整的网络模型

控制指令在 MG1 和 MG2 之间建立一条逻辑通道, 进而建立流媒体服务器与终端之间的通路用于视频数据的传输, 此时 MG1 将按照终端的 QoS 要求以某一码率发送视频流, 如果终端 QoS 要求带宽得以保证, 就能够满足该终端对应的 QoS. 在视频通信过程中, 如果两个 MG 之间的路由发生了网络拥塞、信道环境恶化或者其他导致带宽发生下降的情况, 就有可能导致终端解码出错或者停顿, 进而影响终端的 QoS, 此时需要使用带宽分配策略来重新分配带宽, 以保证视频通信 QoS. 经过带宽调整后, MG1 将以新的分配带宽为目标码率进行编码转换, 并发送视频码流.

4.2 保证 MG 间带宽分配整体最优的调整策略

假定图 1 中两个 MG 之间的带宽资源由 B_1 突降到 B_2 ($B_1 > B_2$) 且接收端各个终端的视频主观质量下降. 用户终端按照接收视频质量的需求可分为 n 个不同的等级, MGC 在进行带宽调整时, 总是先调整等级较高终端的带宽, 对于某个特定等级 i 的终端 (设 i 值越小, 终端等级越高), MGC 初始化分配给该终端的带宽最小值为 $B_{i\min}$, 最大值为 $B_{i\max}$ (网络状况正常时, 各等级均按照其 $B_{i\max}$ 值工作). 本文提出的 MGC 保证带宽分配整体最优的策略如下:

(1) 在带宽调整过程中不再接受新终端的接入请求, 同时将分配给各个终端的带宽都降为 $B_{i\min}$.

(2) 如果终端视频主观质量经过 (1) 调整后得到改善 (即按照式 (2) 计算的终端视频主观质量值变大), MGC 先设置调整周期间隔 T , 然后按照 4.2.1 小节的带宽分配算法逐步增加各个终端的带宽.

(3) 如果将各个终端带宽都降到其所需带宽的最小值, 仍然不能改善终端视频主观质量, 此时还需进一步按照 4.2.2 节提出的带宽调整策略为各个终端重新分配带宽.

4.2.1 保证不同等级终端 QoS 的带宽分配算法

本文利用下式实现对 n 个不同等级终端的带宽重新分配:

$$B_i = \begin{cases} \text{Min}(B_{ic} + \Delta_i \times \exp(-(V_{qi} - 1)/m), B_{i\max}), & 0 \leq V_{qi} < 5 \\ B_{ic}, & V_{qi} = 5 \end{cases} \quad (3)$$

式中 B_i 代表 MGC 重新分配给等级 i 终端的带宽, $1 \leq i \leq n$, $B_{i\min} \leq B_i \leq B_{i\max}$, B_{ic} 表示 MGC 当前分配给等级 i 终端的带宽值, V_{qi} 是在当前网络环境下等级 i 的视频主观质量值, m 是一个大于 0 的常数, Δ_i 是与终端等级相关的调整参数, 终端等级越高, 该值越大. 由式 (3) 可知, 计算得到的 V_{qi} 值越小, 则该终端被分配的带宽增量越大, 例如 $V_{qi} = 1$ 时, 该终端将被分配的带宽增量最大; 而当 $V_{qi} = 5$ 时, MGC 不再为该等级终端分配带宽增

量.

当 MGC 使用式 (3) 进行带宽调整时, 首先 MGC 要求接收端 MG 上报各个终端的丢包率、时延等参数, 发送端 MG 上报视频帧率和编码码率等参数, 然后将这些参数代入式 (2) 计算得到终端的主观质量值 V_q . 接下来将 V_q 代入式 (3), 计算得到调整后的带宽, 完成对不同等级终端的带宽重分配.

4.2.2 保证整体视频质量最大化的带宽分配算法

如果各终端带宽都降到其所需带宽的最小值, 仍然不能改善 MG 之间的网络状况, 此时已经无法保证各终端所要求的视频 QoS, 在这种情况下, 本文使用视频主观质量值 V_q 作为服务性能参数, 利用线性价格策略的思想重新分配网络带宽, 尽可能保证整体视频主观质量损失最少, 即保证运营商的收益最大化^[5].

首先, 假定等级为 j 的终端其视频主观质量是 V_{qj} , 对于每个等级, 价格函数 $r_j(V_{qj})$ 定义为运营商提供的视频 QoS 和用户终端所付成本之间的关系, 等级为 j 的价格函数表达式为:

$$r_j(V_{qj}) = b_j - k_j / V_{qj}, \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad b_j > 0, \quad k_j > 0 \quad (4)$$

式中 b_j 是用户终端单位时间支付的费用, k_j 是运营商不能满足用户终端的视频 QoS 时, 运营商支付的赔偿费用. 在式 (5) 给出的策略下, 等级越高的终端将支付更高的费用, 同时, 当运营商不能满足终端视频 QoS 要求时, 运营商也将支付更多的赔偿.

假定发送端 MG 和接收端 MG 间的网络带宽为 C bits/s, 视频流的到达满足泊松分布, 共接入了 n 个服务等级的视频流, 它们的到达率分别为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, 而分配给服务等级 j 视频流的带宽表示为 $\omega_j C$, $j = 1, 2, \dots, n$, ω_j 表示分配给服务等级 j 视频流的带宽占总带宽的比值, 且有约束关系, $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$, $\omega_j \leq 1$, $\omega_j \in (0, 1]$. 另外, 在不考虑物理层传输方式的情况下, 式 (2) 中 Br_{V_j} 可看作服务等级为 j 的视频流占用的带宽:

$$Br_{V_j} = \omega_j C \quad (5)$$

接下来, 在给定编码比特率 Br_{V_j} 下 Qf_{r_j} , 假定等级 j 终端的目标帧率 $F_{r_{V_j}}$ 取值为最优帧率 $Qf_{r_j}^{j|9|}$, 代入式 (2) 去掉连乘中的第一个指数项, 再代入式 (5), 就可以得到等级为 j 的终端视频主观质量:

$$V_{qj} = 1 + \left[v_3 - \frac{v_3}{1 + (\omega_j C / v_4) v_5} \right] \cdot \exp \left[- \frac{P_p N_j}{v_{10} v_{11} \cdot \exp(-(v_1 + v_2 \omega_j C) / v_8) + v_{12} \cdot \exp(-\omega_j C / v_9)} \right] \quad (6)$$

本文采用的收益度量是单位时间的收益, 那么运营商获得的收益 REV 可以表示为:

$$REV = \sum_{j=1}^n \lambda_j(V_j) \quad (7)$$

利用式(6)和式(7),基于线性价格策略,保证运营商收益最大化的带宽分配可以对下式进行最优化求解:

$$\max REV = \max \sum_{j=1}^n \lambda_j(V_j) \quad (8)$$

使用精确最优化求解算法^[5](如拉格朗日算法等)求解上述优化问题的复杂度太高,难以实现,因此本文使用遗传优化算法来计算式(9)的近似最优解。当计算出应该分配给各个终端 ω_j 的最优解后,可以重新分配等级 j 视频流的带宽为 $\omega_j C$,尽可能保证整体视频主观质量损失最少。

5 实验结果与性能分析

本文使用两个 CIF 格式国际标准测试序列:“Foreman”和“Mother-Daughter”,各取 300 帧,重复 20 次进行实验研究,使用 H. 264 标准^[10]进行视频编码,以平均 PSNR 作为衡量恢复图像客观质量的测度。本文实现了图 1 给出的验证系统平台,其中设定 5 个等级的终端,每个等级有 10 个终端接入,各个终端的初始传输速率和终端等级相关,各终端的 QoS 参数以静态配置的形式保存在 MG2 上。另外,实验中通过改变流媒体服务器上的视频编码速率,来实现对不同终端的带宽调整。本文利用最小二乘法通过计算得到 H. 264 标准对应参数 $v_1, v_2, \dots, v_{11}, v_{12}$ 的取值,如表 1 所示。

表 1 视频主观质量评估模型中的参数值

v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6
23.8407	0.0036	4.6855	231.6521	0.9133	1.9578
v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}
0.0002	0.3738	481.5972	49.73	46.2578	82.3045

假定初始时刻网络带宽为 20Mbps,这时发送端 MG 希望同时满足所有终端的 QoS 需求,发送端 MG 的带宽至少需要 10Mbps,且相同等级下各终端被分配的网络带宽值相同。下面分两种网络状况变化来验证本文提出的算法:

情况 1 网络带宽从 20Mbps 迅速下降到 15Mbps。

根据发送端 MG 设置的带宽最小值,这时网络带宽还可以满足各终端的 B_{\min} 要求。使用 4.2.1 节提出的带宽分配算法, MGC 进行 9 次带宽调整之后,图 2 给出各终端恢复图像 PSNR 值的变化。由图 2 中可以看出:

(1)从 4T 时刻开始,发送端 MG 到接收端 MG 之间的网络带宽质量下降,导致接收端的丢包率增大,各个等级终端的图像质量急剧下降,以 Foreman 序列为例,其中等级为 1 终端的 PSNR 值为 18dB,等级为 5 终端的

PSNR 值最低,是 14.1dB;

(2)接收端 MG 检测到带宽质量下降,并向 MGC 报告,从 6T 时刻开始, MGC 根据收端 MG 的报告使用本文提出的带宽调整策略进行 9 次调整后,各终端图像的 PSNR 值都得到提高,以 Foreman 序列为例,每个终端的 PSNR 值都达到 29dB 以上,其中等级 1 终端的 PSNR 值达到 33.4dB,即使是等级 5 的终端 PSNR 值也达到了 29.1dB。

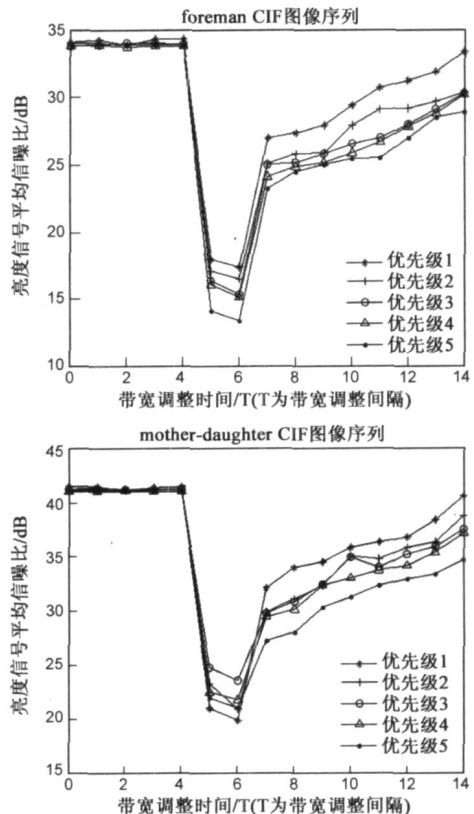


图 2 MGC 调整前后各等级终端图像质量的变化

情况 2 网络带宽从 20Mbps 降到 5Mbps。

根据发送端 MG 设置的带宽最小值,当网络带宽下降到 5Mbps 时,发送端 MG 不能同时满足所有正在通信终端的 QoS 需求,这时可以使用 4.2.2 节提出的保证整体视频主观质量最大化的带宽分配算法。我们使用遗传优化算法得到式(9)的近似最优解,如表 2 所示。

表 2 各等级终端分配的带宽百分比和单位时间收益

网络带宽 Mbps	分配给各等级终端的带宽百分比					单位时间 收益
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	
20	0.208	0.2056	0.2051	0.1934	0.1877	6028.2
5	0.2188	0.214	0.2039	0.1909	0.1735	4104.9

表 2 给出为各等级终端分配的带宽百分比和单位时间的收益。由表 2 可知,虽然此时网络带宽不能满足所有等级终端的 QoS 要求,但是在网络带宽下降到初

始带宽的 25% 后, 通过最优带宽分配, 单位时间收益仍然达到了正常收益的 68% 以上, 尽可能保证了收益最大化。由于运营商为用户终端提供的视频质量和运营商收益紧密相关^[5], 所以, 当尽可能保证运营商收益最大化时, 也可以认为该算法保证了整体视频主观质量的最大化。

6 结束语

为了保证在下一代网络中视频通信的 QoS, 本文先分析了现有技术的不足, 然后提出了基于 H. 248 的视频通信带宽调整策略。当由于媒体网关之间网络带宽的突然减少而导致视频质量下降时, 通过使用本文提出的带宽调整策略, 可以最大可能的保证终端的恢复视频质量, 从而保证视频通信的 QoS。

参考文献:

- [1] Knightson K, Morita N, Towle T. NGN architecture: generic principles, functional architecture, and implementation [J]. IEEE Comm. Magazine, 2005, 43(10): 49-56.
- [2] 闫丹凤, 杨放春. 下一代网络通用业务管理模型研究[J]. 电子学报, 2007, 35(10): 1828-1832.
Yan Dan feng, Yang Fang chun. Research of universal service management model in NGN [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(10): 1828-1832. (in Chinese)
- [3] ITU-T Recommendation H. 248. 1, Gateway Control Protocol [S].
- [4] 刘晓颖, 戴琼海, 刘晓冬. 智能集成 VBR MPEG 视频流量预测模型[J]. 电子学报, 2006, 34(5): 833-836.
Liu Xiaoying, Dai Qionghai, Liu Xiaodong. Intelligent integrated traffic prediction modeling for VBR MPEG video transmission [J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(5): 833-836. (in Chinese)
- [5] Zhang J, Hamalainen T. Optimal resource allocation scheme for maximizing revenue in the future IP networks [A]. In Proceedings of Joint Conference of 10th Asia Pacific Conference on Communications and 5th International Symposium on Multi Dimensional Mobile Communications [C]. Beijing, China: IEEE, 2004, (1): 128-132.
- [6] ITU-T Recommendation H. 248. 10, Media gateway resource congestion handling package [S].
- [7] ITU-T Recommendation H. 248. 13, Quality alert ceasing package [S].
- [8] ITU-T Recommendation P. 911, Subjective audiovisual quality assessment methods for multimedia applications [S].
- [9] ITU-T Recommendation P. 1070, Opinion model for video telephony applications [S].
- [10] ITU-T Recommendation H. 264, Advanced video coding for generic audiovisual services [S].

作者简介:



宋 彬 男, 1973 年生于河南郑州。2002 年在西安电子科技大学获工学博士学位, 现为西安电子科技大学副教授, 主要从事视频压缩与传输等领域的研究, 发表论文 20 多篇。
E-mail: bsong@mail.xidian.edu.cn

郭春芳 女, 1982 年生于山西长治。2005 年毕业于西安邮电学院, 现在西安电子科技大学攻读硕士学位, 主要研究方向为视频编码与通信。

秦 浩 男, 1976 年生于陕西铜川。2003 年在西安电子科技大学获工学博士学位, 现为西安电子科技大学副教授, 主要研究方向为宽带数据通信。